

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-170318

(43)Date of publication of application : 17.06.2004

(51)Int.Cl.

G01M 19/00

(21)Application number : 2002-338424

(71)Applicant : NSK LTD

(22)Date of filing :

21.11.2002

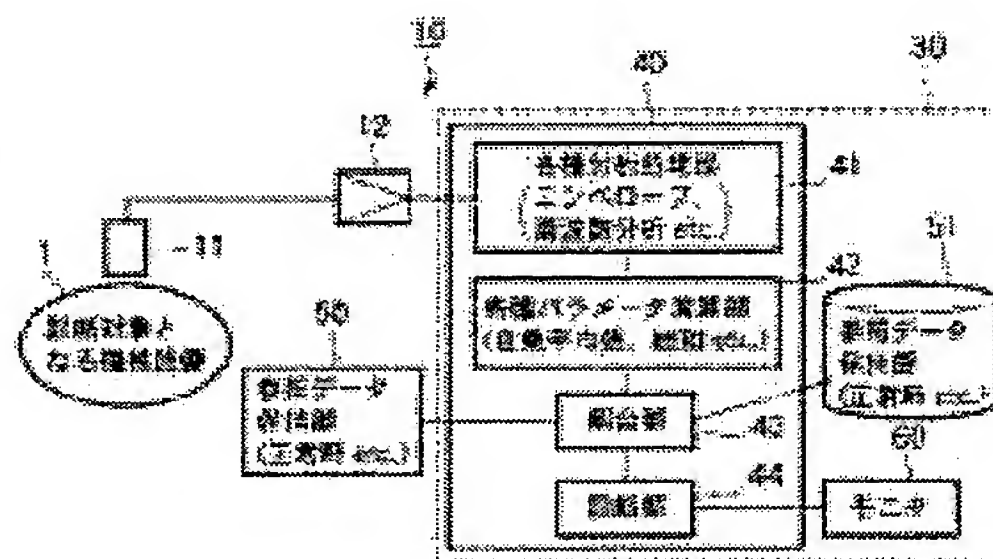
(72)Inventor : MIYASAKA TAKANORI  
MUTO YASUYUKI

## (54) METHOD AND APPARATUS FOR DIAGNOSING ANOMALY OF ROTATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an anomaly diagnosing apparatus capable of preventing erroneous diagnosis and highly accurately diagnosing anomalies.

SOLUTION: The anomaly diagnosing method for diagnosing anomalies of machine facilities including one or a plurality of sliding members comprises a step for detecting wave motion which occurs from the machine facilities; a step for computing the frequency spectrum of the wave motion; a first computation step for computing the root mean square of one degree component band of the frequency spectrum or its partial overall root mean square and the root mean square of the overall bands of the frequency spectrum or a normalized value, an overall root mean square; a second computation step for computing a quotient acquired by dividing the root mean square of one degree component band or the partial overall root mean square by the normalized value or a differential value; a step for comparing and collating the quotient or the differential value with a prescribed constant; and a step for diagnosing anomalies of the machine facilities on the basis of the result of the comparison and collation.



## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]

It is an abnormality diagnosing method which diagnoses abnormalities of a machine containing 1 or two or more slide members,

A step which detects wave motion generated from said machine,

A step which computes frequency spectrum of said wave motion,

The 1st calculation step which computes a normalizing value which is a root mean square or overalls of a root mean square of one degree ingredient zone of said frequency spectrum or all [ partialness OBA ], and the whole zone of said frequency spectrum,

The 2nd calculation step which computes a value which  $\sqrt{\quad}$  (ed) a root mean square of said one degree ingredient zone, or all [ partialness OBA ] with said normalizing value, or a value of difference,

A step which performs comparative collation of said value which  $\sqrt{\quad}$  (ed) or a value of difference, and a predetermined constant,

An abnormality diagnosing method having a step which diagnoses abnormalities of said machine based on a result of said comparative collation.

[Claim 2]

Said 1st calculation step computes a normalizing value which is a root mean square or overalls of a root mean square of two or more degree ingredient zones of said frequency spectrum or all [ partialness OBA ], and the whole zone of said frequency spectrum,

Said 2nd calculation step computes a value which  $\sqrt{\quad}$  (ed) a root mean square of two or more of said degree ingredient zones, or all [ partialness OBA ] with said normalizing value, respectively, or a value of difference,

The abnormality diagnosing method according to claim 1, wherein said comparative collation step performs comparative collation of said value which  $\sqrt{\quad}$  (ed) or a value of difference, and a predetermined constant.

[Claim 3]

The abnormality diagnosing method according to claim 2, wherein said two or more degree ingredient zones are the combination of the 5th frequency band from a fundamental frequency band of a predetermined vibration.

[Claim 4]

The 1st combination which said two or more degree ingredient zones become from a fundamental frequency band of a predetermined vibration, the secondary frequency band, and the 3rd frequency band,

the 2nd combination that consists of a fundamental frequency band of a predetermined vibration, the secondary frequency band, and the 4th frequency band -- or

The abnormality diagnosing method according to claim 2 being the 3rd combination that consists of the secondary frequency band, the 4th frequency band, and the 6th frequency band.

[Claim 5]

The abnormality diagnosing method according to claim 1 or 2, wherein said normalizing value is a root mean square or overalls of the whole frequency band from fundamental frequency to the n-th harmonics.

[Claim 6]

The abnormality diagnosing method according to any one of claims 1 to 5, wherein said wave motion is a sound, vibration, or AE generated from said machine.

[Claim 7]

It is an abnormality diagnosis device which diagnoses abnormalities of a machine containing 1 or two or more slide members,

A wave detection means which detects wave motion generated from said machine,

A frequency analysis means which computes frequency spectrum of said wave motion,

[ of one degree ingredient zone of said frequency spectrum / a root mean square or all / partialness OBA ], And a parameter computation means which computes a normalizing value which is a root mean square or overalls of the whole zone of said frequency spectrum, and computes a value which **\*\***(ed) a root mean square of said one degree ingredient zone, or all [ partialness OBA ] with said normalizing value, or a value of difference,

A comparative collation means to perform comparative collation of said value which **\*\***(ed) or a value of difference, and a predetermined constant,

An abnormality diagnosis device having a diagnosis means which diagnoses abnormalities of said machine based on a result of said comparative collation.

[Claim 8]

[ of a degree ingredient zone of plurality / parameter computation means / said / of said frequency spectrum / a root mean square or all / partialness OBA ], And a normalizing value which is a root mean square or overalls of the whole zone of said frequency spectrum is computed, and a value which **\*\***(ed) a root mean square of two or more of said degree ingredient zones or all [ partialness OBA ] with said normalizing value, respectively, or a value of difference is computed,

The abnormality diagnosis device according to claim 7, wherein said comparative collation means performs comparative collation of a value which each **\*\***(ed) or a value of difference, and a predetermined constant.

[Claim 9]

The abnormality diagnosis device according to claim 8, wherein said two or more degree ingredient zones are the combination of the 5th frequency band from a fundamental frequency band of a predetermined vibration.

[Claim 10]

The 1st combination which said two or more degree ingredient zones become from a fundamental frequency band of a predetermined vibration, the secondary frequency band, and the 3rd frequency band,

the 2nd combination that consists of a fundamental frequency band of a

predetermined vibration, the secondary frequency band, and the 4th frequency band -- or

The abnormality diagnosis device according to claim 8 being the 3rd combination that consists of the secondary frequency band, the 4th frequency band, and the 6th frequency band.

[Claim 11]

The abnormality diagnosis device according to claim 7 or 8, wherein said normalizing value is a root mean square or overalls of the whole frequency band from fundamental frequency to the n-th harmonics.

[Claim 12]

The abnormality diagnosis device according to any one of claims 7 to 11, wherein said wave motion is a sound, vibration, or AE generated from said machine.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

This invention relates to two or more abnormality diagnosing methods and devices of a rotary part which are used for the axle for reduction gears, an electric motor, and rail cars, etc. It is related with the method and device of a rotary part which can detect a defect, without disassembling a mechanical apparatus especially.

[0002]

[Description of the Prior Art]

The abnormality diagnosis device of a solid of revolution is a device which analyzes a sound, temperature, vibration, etc. which are generated from solids of revolution, such as reduction gears, an electric motor, and an axle for rail cars, and diagnoses the abnormalities of a solid of revolution. In abnormality diagnosis, detectors, such as a microphone, a temperature sensor, and a vibration sensor, detect wave-motion information, including a sound, temperature, vibration, etc., and a detecting signal is amplified using an amplifier. The amplified detecting signal is changed into a digital signal by the A/D converter, and is outputted to PC for diagnosis provided with the software for diagnosis. The software for diagnosis conducts various analysis of frequency analysis, a comparative analysis, etc. on PC for diagnosis. In a comparative analysis, comparative collation with the frequency component resulting from a solid of revolution is performed to the obtained frequency spectrum. A user copes with stopping a solid of revolution etc., when the existence of abnormalities is judged and abnormalities occur based on the diagnostic result displayed on the monitor.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

However, it has a rolling state, influence of a structure, etc., and may differ from number of rotations for the actual number of rotations of a solid of revolution to calculate the peak generated frequency which a peak generates at the time of an abnormal occurrence, and erroneous diagnosis may occur. About a frequency component, in order to check compatibility one by one, problems, such as starting seriously, also have calculation time and arithmetic load.

[0004]

It succeeds in this invention in order to solve an aforementioned problem, and it is a thing.

It is providing the method and device which prevent the purpose and perform small abnormality diagnosis of arithmetic load for a short time.

[0005]



[Means for Solving the Problem]

In order to solve an aforementioned problem, the abnormality diagnosing method of this invention according to claim 1 is an abnormality diagnosing method which diagnoses abnormalities of a machine containing 1 or two or more slide members,

A step which detects wave motion generated from said machine,

A step which computes frequency spectrum of said wave motion,

The 1st calculation step which computes a normalizing value which is a root mean square or overalls of a root mean square of one degree ingredient zone of said frequency spectrum or all [ partialness OBA ], and the whole zone of said frequency spectrum,

The 2nd calculation step which computes a value which  $\sqrt{\quad}$  a root mean square of said one degree ingredient zone, or all [ partialness OBA ] with said normalizing value, or a value of difference,

A step which performs comparative collation of said value which  $\sqrt{\quad}$  or a value of difference, and a predetermined constant,

Based on a result of said comparative collation, it has a step which diagnoses abnormalities of said machine.

[0006]

The abnormality diagnosis device of this invention according to claim 7 is an abnormality diagnosis device which diagnoses abnormalities of a machine containing 1 or two or more slide members,

A wave detection means which detects wave motion generated from said machine,

A frequency analysis means which computes frequency spectrum of said wave motion,

[ of one degree ingredient zone of said frequency spectrum / a root mean square or all / partialness OBA ], And a parameter computation means which computes a normalizing value which is a root mean square or overalls of the whole zone of said frequency spectrum, and computes a value which  $\sqrt{\quad}$  a root mean square of said one degree ingredient zone, or all [ partialness OBA ] with said normalizing value, or a value of difference,

A comparative collation means to perform comparative collation of said value which  $\sqrt{\quad}$  or a value of difference, and a predetermined constant,

Based on a result of said comparative collation, it has a diagnosis means which diagnoses abnormalities of said machine.

[0007]

Since a zone of frequency resulting from a machine containing 1 or two or more slide members is used according to the above, influence of a peak of a frequency component which originates in neither a noise nor a solid of revolution can be lost. Since it is not necessary to carry out collation with frequency of data surveyed in detail, fundamental frequency for which it asked by calculation, and its harmonics, a calculation load can also be reduced and a loss of time which analysis takes can also be lessened. Since it can certainly

supplement with abnormalities even when a level of a frequency component resulting from a solid of revolution is small, higher-precision diagnosis is attained. It becomes possible to pinpoint existence and a part of abnormalities of each part article of a solid of revolution which constitutes a machine only from one measurement.

[0008]

[Embodiment of the Invention]

Hereafter, the embodiment of this invention is described in detail, referring to Drawings.

[0009]

Drawing 1 is a figure showing the abnormality diagnosis device 10 of this embodiment. The abnormality diagnosis device 10 is provided with the following.

The primary detecting element 11 stationed on the machine 1 used as a diagnosis subject, or in its neighborhood.

The amplifier 12 which amplifies the output of the primary detecting element 11.

PC part 30 which performs abnormality diagnosis.

[0010]

The machine 1 is a machine which has roller bearing (inner-ring-of-spiral-wound-gasket number of rotations:  $169\text{min}^{-1}$ ) and a normal gear (number of teeth: 31). Roller bearing is provided with the following.

The inner ring of spiral wound gasket attached outside an axis.

The outer ring of spiral wound gasket which carries out inner fitting to housing etc. and counters a diameter direction with an inner ring.

Time as a rolling element arranged between an inner ring and an outer ring of spiral wound gasket so that rolling is possible.

Here, when damage has occurred in the machine 1, the case where damage has occurred especially in the outer ring of spiral wound gasket 3 is explained to an example.

[0011]

The vibration sensor with which the primary detecting element 11 detects vibration of a machine, the rotation sensor which detects the number of rotations of roller bearing, It comprises two or more sensors, such as a sound sensor, an acoustic emission sensor, etc. which detect the temperature sensor which detects the temperature of a machine, the sound generated from a machine, AE, etc., and is arranged at each or one near the machine 1 which is a diagnosis subject.

[0012]

A rotation sensor detects the number of rotations of the inner ring of spiral wound gasket of the roller bearing attached to the solid of revolution. It is possible to use the magnetic sensor which detects the magnet arrangement on the encoder which is the substance to be detected which was attached to

the inner ring or outer ring of spiral wound gasket of roller bearing, and which is not illustrated, the displacement sensor which detects the shape of an encoder, etc. as a rotation sensor.

[0013]

A temperature sensor is a sensor which is arranged at about one machine and detects the temperature of the machine 1 or its neighborhood. As a temperature sensor, it is possible to use contact type temperature sensors, such as a thermo couple, and noncontact type temperature sensors, such as an infrared radiation thermometer. In the case of the temperature sensor of a noncontact type, temperature detection of rotating members, such as an inner ring of spiral wound gasket, is attained.

[0014]

According to the use, or the composition or the situation of a machine, the primary detecting element 11 may have all these sensors, and may have only the part. It is dedicated in one sensor unit, and may be unifying, and the various sensor may be constituted independently, respectively. It may be possible for desirable places to differ in attachment of each sensor, and to perform that it is more accurate detection [ be / each / another unit ].

[0015]

The amplifier 12 comprises an op amplifier etc. and amplifies the intensity of the various signals from the primary detecting element 11 on a level suitable for processing of PC part 30. Various signals are outputted to PC part 30 from the amplifier 12. When the primary detecting element 11 has an amplifying function, the signal without the necessity for amplification does not need to dare to pass through the amplifier 12. In this case, the output of the primary detecting element 11 is directly sent to PC part 30.

[0016]

PC part 30 is the computer by which predetermined OS, and analysis and diagnostic software 40 were installed. Using the analysis diagnostic software 40 which functions on OS, PC part 30 performs various signal processing, and performs abnormality diagnosis of a machine. Of course, not the software processing by PC but diagnosing apparatus for exclusive use may be used as the diagnostic part 14.

[0017]

PC part 30 carries out the A/D conversion of the received signal, respectively, and diagnoses using the diagnostic software 40 in a PC part. An A/D converter for exclusive use is formed in the preceding paragraph of PC part 30, and before inputting into PC part 30, it may be made to carry out an A/D conversion.

[0018]

The diagnostic software 40 has the various analysis processing parts 41, the various-parameters operation part 42, the collating part 43, and the diagnostic part 44 as a function.

[0019]



Drawing 2 is a figure showing the various analysis processing parts 41. The various analysis processing parts 41 have the 1st frequency processing section 41a, the filter part 41b, the envelope treating part 41c, and the 2nd frequency processing section 41d, and perform processing which calculates the frequency spectrum of the signal used for frequency analysis.

[0020]

The 1st frequency processing section 41a carries out frequency conversion of the detected vibration signal, a correspondence item, the AE signal, etc. using an FFT algorithm etc., and generates frequency spectrum data. Here, it is carried out in order to investigate in which frequency band the unusual peak frequency contained in the detecting signal is contained.

[0021]

The filter part 41b is a frequency filter which extracts a desired frequency band from the vibration signal outputted from the amplifier 13. The frequency band of this request performs processing which cuts down the frequency band with which unusual peak frequency is contained based on the frequency spectrum obtained by the 1st frequency processing section 41a. The filter part 41b sends out the signal after filtering to the envelope part 41c. This filter part 41b may be suitably omitted depending on the characteristic of a signal.

[0022]

When the unusual peak frequency which is detected by originating in damage to the machine 1 and which is expected is known, it is also possible to set up the frequency band of this request according to the abnormal frequency peak expected that abnormalities occur. For example, when damage has occurred in the bearing, according to inner-ring-of-spiral-wound-gasket revolving speed, the number of rolling elements, the revolving speed of a cage, the rotating velocity of a rolling element, the size of a rolling element, a pitch diameter, an angle of contact, etc., a peculiar frequency component is observed according to a damaged part. Therefore, based on the revolving speed obtained from a rotation sensor, the generating region of these abnormal frequency ingredients may be predicted, and frequency may be started about the generating anticipation range.

[0023]

The envelope part 41c performs envelope processing to the signal sent out from the filter part 41b. Envelope processing obtains the output proportional to the envelope of the input vibration waveform. The envelope part 41c outputs the signal after envelope processing to the 2nd frequency analysis part 41d. This envelope part 41c can be suitably omitted depending on the characteristic of a signal.

[0024]

The 2nd frequency analysis part 41d carries out frequency conversion of the signal outputted from the envelope part 41c using an FFT algorithm etc., and generates frequency spectrum data. Drawing 3 and drawing 4 are the graphs

showing the frequency spectrum data generated by the 2nd frequency analysis part 41d. When abnormalities have occurred in the outer ring of spiral wound gasket, as shown in drawing 3, it turns out that the periodic spectral peak resulting from damage to an outer ring of spiral wound gasket is contained in a signal component. On the other hand, when abnormalities have not occurred, as shown in drawing 4, a peak special to every frequency band cannot be seen. The generated frequency spectrum data are outputted to the various-parameters operation part 42.

[0025]

[ of one degree ingredient zone of frequency spectrum / root mean square ( $V_i$ ) or all / partialness OBA / ( $S_i$ ) ] from which the various-parameters operation part 42 was obtained by the 2nd frequency analysis part, And the normalizing value which is the root mean square ( $V_{RMS}$ ) or overalls ( $S_{OA}$ ) of the whole zone of frequency spectrum is computed, Processing which computes the value which  $**$ (ed) root mean square ( $V_i$ ) of the one above-mentioned degree ingredient zone or all [ partialness OBA ] ( $S_i$ ) with said normalizing value ( $V_{RMS}$  or  $S_{OA}$ ), or the value of difference is performed. The computed value which  $**$ (ed), or the value of difference is sent to the collating part 43.

[0026]

Here, root mean square ( $V_i$ ), all [ partialness OBA ] ( $S_i$ ), a root mean square ( $V_{RMS}$ ), and overalls ( $S_{OA}$ ) are given by the following formulas.

[0027]

[Equation 1]

$$V_i = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (P_k - \bar{P}_m)^2 \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

$$S_i = \sum_{k=1}^m P_k \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

$$V_{\text{RMS}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2 \quad \cdot \cdot \cdot (3)$$

$$S_{\text{OA}} = \sum_{i=1}^N P_i \quad \cdot \cdot \cdot (4)$$

ただし、

$$N \cdot \Delta f \leq \frac{f_s}{2} \quad \cdot \cdot \cdot (5)$$

$m$  : 切り出される周波数帯域幅 (データ点数)

$\bar{P}_m$  : 区間  $m$  におけるスペクトルの平均値

$P_i$  : 周波数  $i$  におけるスペクトルの値

$\bar{P}$  : 区間  $N$  におけるスペクトルの平均値

$f_s$  : サンプリング周波数

$\Delta f$  : 隣り合う周波数の幅 (周波数分解能)

[0028]

The collating part 43 carries out comparative collation to the referred data which is having the value which was sent out from the various-parameters operation part 42, and which \*(ed), or the value of difference saved, and judges whether the value sent out from the parameter operation part 42 is a normal range. And the collating part 43 outputs a decision result to the diagnostic part 44. Referred data is saved at the referred data attaching part 51 which consists of recording media, such as a hard disk provided in PC part 30 inside, or the referred data attaching part 50 provided in the exterior of PC part 30. The referred data attaching part 50 provided outside may be connected to PC part 30 via the network which consists of the Internet, LAN, etc. The referred data saved at the collating part 43 may be a predetermined constant, and may be the value computed based on the normal values measured when abnormalities had not occurred.

[0029]

The diagnostic part 44 receives a decision result of the collating part 44, and judges whether abnormalities have occurred according to a decision result. When it is judged that abnormalities have occurred, the diagnostic part 44 reports that abnormalities have occurred on the monitor 60 connected to PC part 30, or emits a beep sound and notifies a user of abnormalities.

[0030]

Hereafter, the above-mentioned technique is applied about data of drawing 3 and drawing 4. An unusual peak frequency belt exists near the left end of drawing 3 (per 10–20 Hz). The root mean square value  $V_a$  of this whole spectrum is 0.016. On the other hand, the root mean square value  $V_n$  of the whole spectrum to which drawing 4 corresponds is 0.008. Here, if frequency bandwidth extracted to an abnormal frequency belt (fundamental frequency) resulting from an outer-ring-of-spiral-wound-gasket crack shall be 2 Hz, in the case of drawing 3, a value which normalized a root mean square value in the zone by  $V$  will be 90.78, and, in the case of drawing 4, will be set to 38.47. When it has abnormalities, it turns out that a value normalized about 2.4 times compared with the time of normal is large. Therefore, a predetermined threshold is provided in a ratio at the time at the time of normal, and the time of abnormalities between 90.78 and 38.47, and when larger than a threshold, it can be judged that abnormalities have occurred in an outer ring of spiral wound gasket.

[0031]

When it computes about a frequency component zone resulting from an inner-ring-of-spiral-wound-gasket crack of roller bearing, it is the value of this about 0.3 time at the time of normal by which it was normalized at the time of abnormalities. If a rolling element, a cage, etc. of roller bearing are computed about a frequency component zone resulting from a gear, compared with normal values, it is equally smaller than it. From this, it can check that existence and a part (this example outer ring of spiral wound gasket) of abnormalities of each part article can be pinpointed. Although compared here using a root mean square, existence and a part of abnormalities of each part article can be pinpointed by performing same comparison using overalls.

[0032]

Although abnormality diagnosis was performed in the above-mentioned explanation using one frequency component zone, not only this but a thing for which abnormality diagnosis is performed using two or more frequency component zones is possible. Specifically [ of two or more degree ingredient zones of frequency spectrum / a root mean square or all / partialness OBA ], And a normalizing value which is a root mean square or overalls of the whole zone of frequency spectrum is computed, It is attained by computing a value which **\*\***(ed) a root mean square of two or more degree ingredient zones, or all [ partialness OBA ] with a normalizing value, respectively, or a value of difference, and performing comparative collation of a value which **\*\***(ed) or a



value of difference, and a predetermined constant.

[0033]

Drawing 5 and drawing 6 show an example in a case of using two or more zones. Drawing 5 is a graph which shows envelope frequency spectrum of a machine which has roller bearing which has damage in an outer ring of spiral wound gasket, and a normal gear (number-of-teeth;31). In this figure, five frequency peaks are observed and from the first harmonics to the 4th harmonics are observed for every integral multiple of that from fundamental frequency. On the other hand, drawing 6 is observational data corresponding to drawing 5, and unique frequency is not found.

[0034]

Hereafter, the above-mentioned technique is applied about data of drawing 5 and drawing 6. In the case of drawing 5, a value which normalized the sum of fundamental frequency resulting from an outer-ring-of-spiral-wound-gasket crack and a root mean square value in each zone of the harmonics up to the 5th order with a root mean square value of the whole spectrum is 11.64, and, in the case of drawing 6, it is set to 5.19. Here, the 5th Takanaga wave is counted from fundamental frequency, and means the 5th peak. When it has abnormalities, it turns out that a value normalized about 2.2 times compared with the time of normal is large. Therefore, a predetermined threshold is provided in a ratio at the time at the time of normal, and the time of abnormalities between 11.64 and 5.19, and when larger than a threshold, it can be judged that abnormalities have occurred in an outer ring of spiral wound gasket.

[0035]

Since it is equally or small compared with normal values if similarly it computes about a frequency component zone resulting from gears of roller bearing, such as an inner ring, a rolling element, and a cage, existence and a part (this example outer ring of spiral wound gasket) of abnormalities of each part article (this example bearing) can be pinpointed. This example shows that it is effective, when two or more degree ingredient zones are targeted. Here, as for two or more degree ingredient zones, it is preferred that it is the combination of the 5th frequency band from a fundamental frequency band of a predetermined vibration.

[0036]

Two or more degree ingredient zones A fundamental frequency band of a predetermined vibration, the secondary frequency band, And it may be the 3rd combination that consists of the 2nd combination that consists of the 1st combination that consists of the 3rd frequency band, a fundamental frequency band of a predetermined vibration, the secondary frequency band, and the 4th frequency band or the secondary frequency band, the 4th frequency band, and the 6th frequency band. A normalizing value may be a root mean square or overalls of the whole frequency band from fundamental frequency to the n-th harmonics.

[0037]

Even when using a single frequency band, even if it is a case where two or more frequency bands are used, it does not compare with normal values, but a reference value is set up, and it becomes possible [ also comparing with a reference value ] to distinguish existence of abnormalities. For example, in this example, if the root mean square value 10 is set up as a reference value, when it is over this value, it can judge with it being abnormal. When setting up a reference value, it may set up arbitrarily and may fix beforehand.

[0038]

Drawing 7 shows a value and a relation of frequency bandwidth which normalized a root mean square value of only an ingredient zone resulting from an outer-ring-of-spiral-wound-gasket crack in frequency spectrum with a root mean square of the whole frequency using spectrum data of drawing 5 and drawing 6. A wavy line is a case where comparison calculation is carried out using each zone from fundamental frequency to the 5th harmonics, in a case where a solid line carries out comparison calculation only with fundamental frequency. A figure shows that a ratio of a value of an abnormal value is clearly distinguished compared with a case of being normal, even if it enlarges frequency bandwidth. Therefore, though number of rotations used when computing fundamental frequency differs from actual number of rotations somewhat, it is possible to perform abnormality diagnosis correctly by taking wide frequency bandwidth.

[0039]

As mentioned above, according to this embodiment, it is possible to compute a root mean square value or overalls, to perform various calculations, to perform abnormality diagnosis and to perform good abnormality diagnosis by comparing with a predetermined threshold (reference value). In this embodiment, since a data number is limited, it is possible to also lessen a loss of time which can lose influence of a peak of a frequency component which originates in neither a noise nor a solid of revolution, and also reduces a calculation load, and analysis takes.

[0040]

It may be made to display a graph showing a temporal change of the present number of rotations or number of rotations on the monitor 60 in this embodiment. Thereby, a user checks abnormalities of number of rotations and it also becomes possible to judge that abnormalities have occurred in the machine 1.

[0041]

Abnormalities are displayed on the monitor 60, and PC part 30 may be constituted so that the scram of the mechanical apparatus which has the machine 1 may be carried out. In this case, even if it is a case where there is no user near the mechanical apparatus, it is possible to prevent breakage of a mechanical apparatus beyond this.

[0042]

In the above-mentioned embodiment, although anti-friction bearing was explained to an example as a solid of revolution, it is possible to apply to various mechanical apparatus which this invention is not restricted to this but have a solid of revolution. As an example, it is possible to apply to a ball screw, a linear guide, various motors, etc.

[0043]

[Effect of the Invention]

As mentioned above, in order to use the zone of the frequency resulting from the machine containing 1 or two or more slide members according to this invention, Since it is not necessary to carry out collation with the frequency of the data which could lose the influence of the peak of the frequency component which originates in neither a noise nor a solid of revolution, and was surveyed in detail, the fundamental frequency for which it asked by calculation, and its harmonics, a calculation load can also be reduced and the loss of the time which analysis takes can also be lessened. Since it can certainly supplement with abnormalities even when the level of the frequency component resulting from a solid of revolution is small, higher-precision diagnosis is attained. It becomes possible to pinpoint the existence and the part of the abnormalities of each part article of the solid of revolution which constitutes a machine only from one measurement.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a figure showing the abnormality diagnosis device of the embodiment of this invention.

[Drawing 2] It is a figure showing processing in various analysis processing parts.

[Drawing 3] It is a graph which shows the envelope frequency spectrum of the roller bearing which has abnormalities.

[Drawing 4] It is a graph which shows the envelope frequency spectrum of normal roller bearing.

[Drawing 5] It is a graph which shows the envelope frequency spectrum of the roller bearing which has abnormalities.

[Drawing 6] It is a graph which shows the envelope frequency spectrum of normal roller bearing.

[Drawing 7] It is a graph which shows the value and the relation of frequency bandwidth which normalized the root mean square value of only the ingredient zone resulting from the outer-ring-of-spiral-wound-gasket crack in frequency spectrum with the root mean square of the whole frequency.

[Description of Notations]

1 Machine

10 Abnormality diagnosis device

11 Primary detecting element

12 Amplifier

30 PC part

40 Diagnostic program

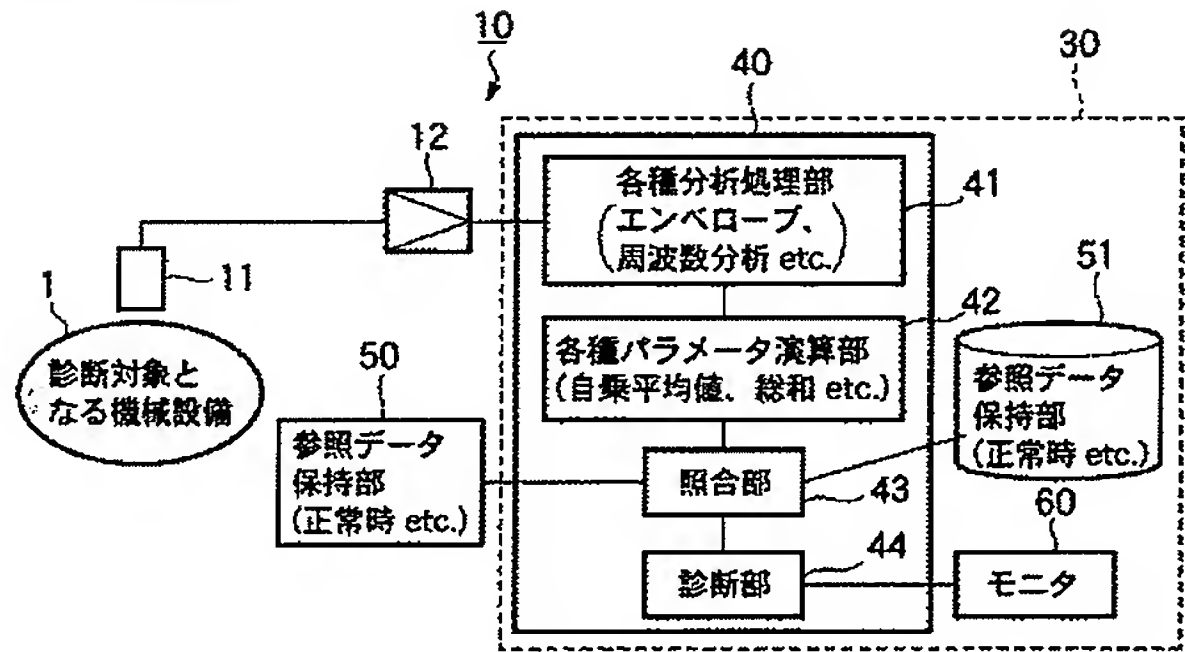
50, 51 referred-data attaching part  
60 Monitor

---

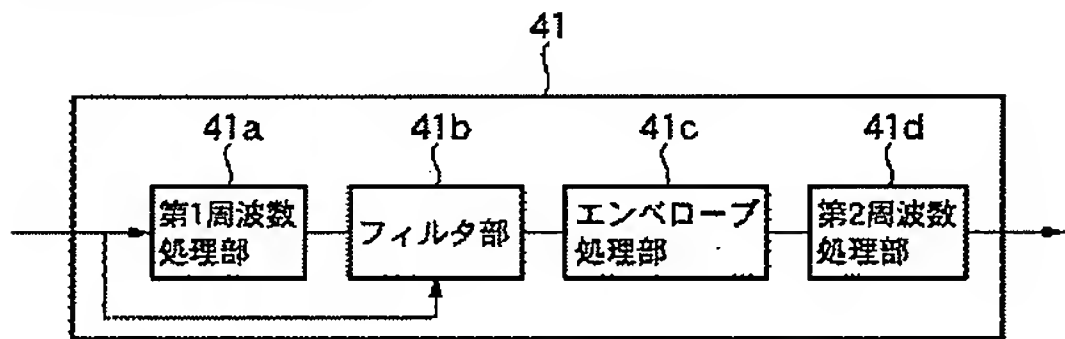


DRAWINGS

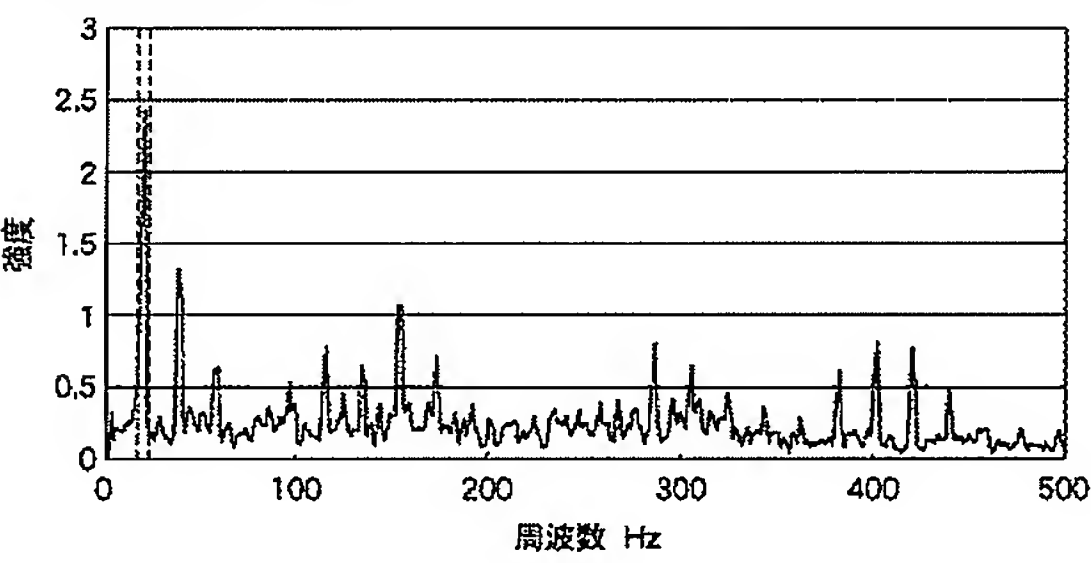
[Drawing 1]



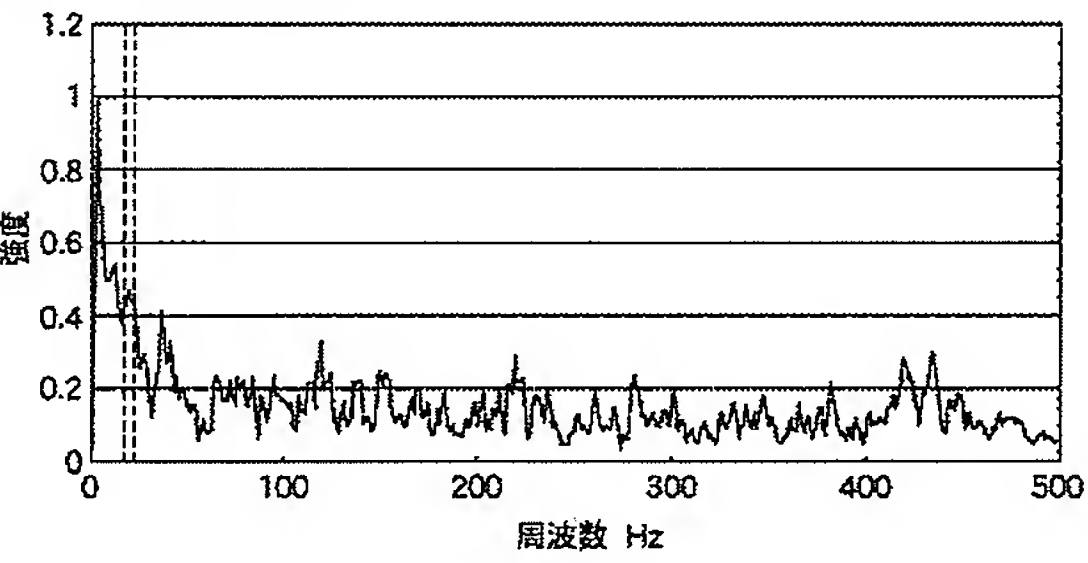
[Drawing 2]



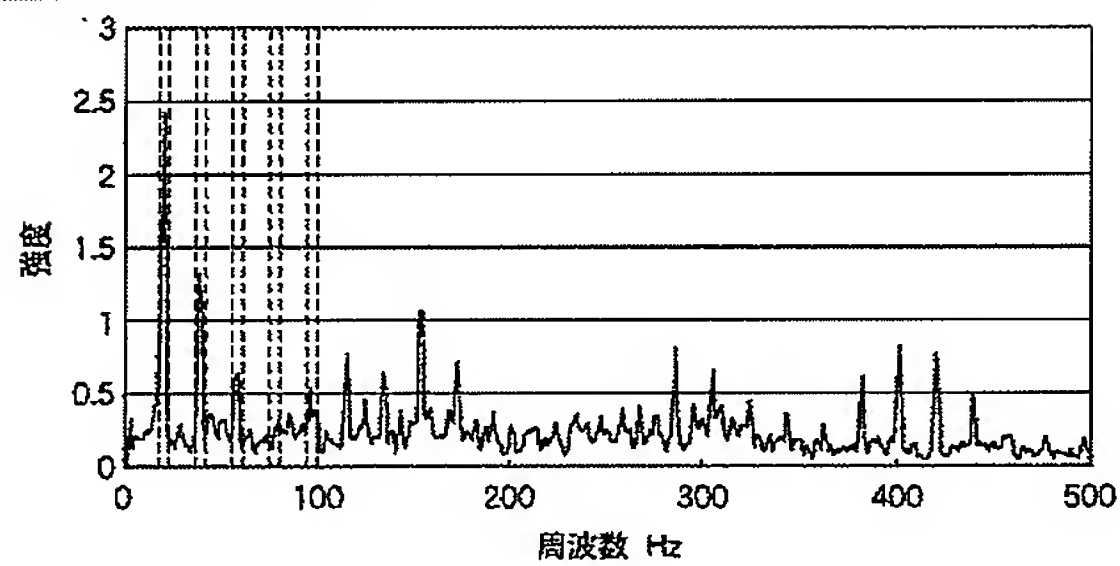
[Drawing 3]



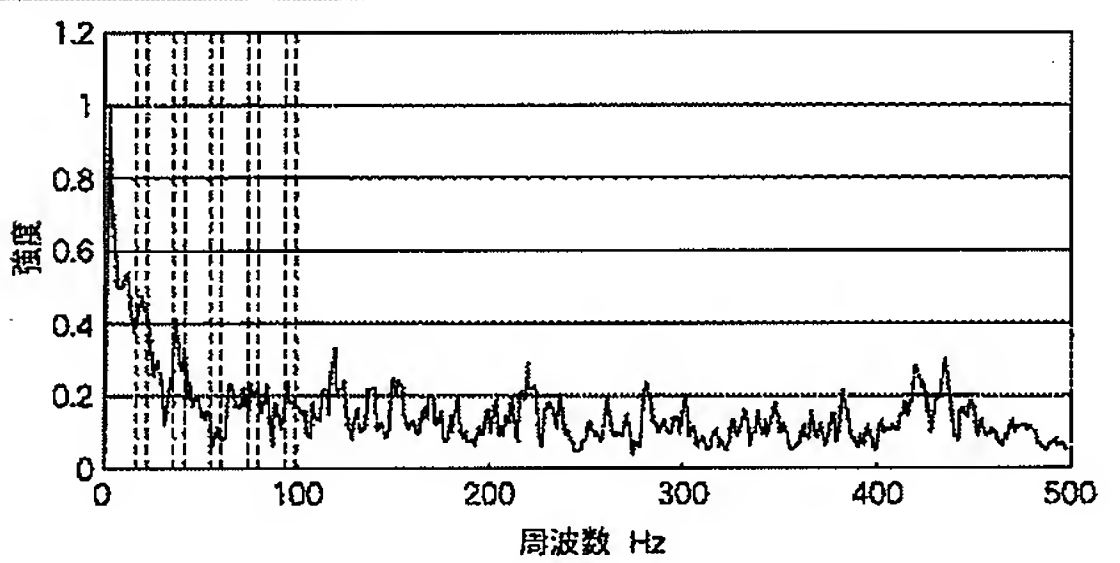
[Drawing 4]



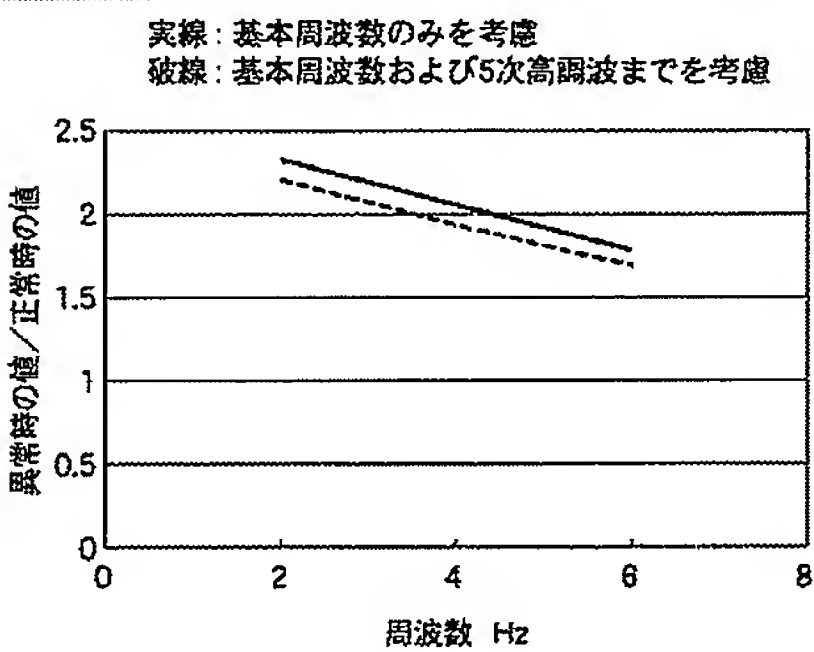
[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Drawing 7]



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2004-170318  
(P2004-170318A)

(43) 公開日 平成16年6月17日(2004.6.17)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
GO1M 19/00

F 1  
GO1M 19/00

A

テーマコード (参考)  
2GO24

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2002-338424 (P2002-338424)	(71) 出願人	000004204
(22) 出願日	平成14年11月21日 (2002.11.21)		日本精工株式会社
			東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号
		(74) 代理人	100105647
			弁理士 小栗 昌平
		(74) 代理人	100105474
			弁理士 本多 弘徳
		(74) 代理人	100108589
			弁理士 市川 利光
		(74) 代理人	100115107
			弁理士 高松 猛
		(74) 代理人	100090343
			弁理士 濱田 百合子

最終頁に続く

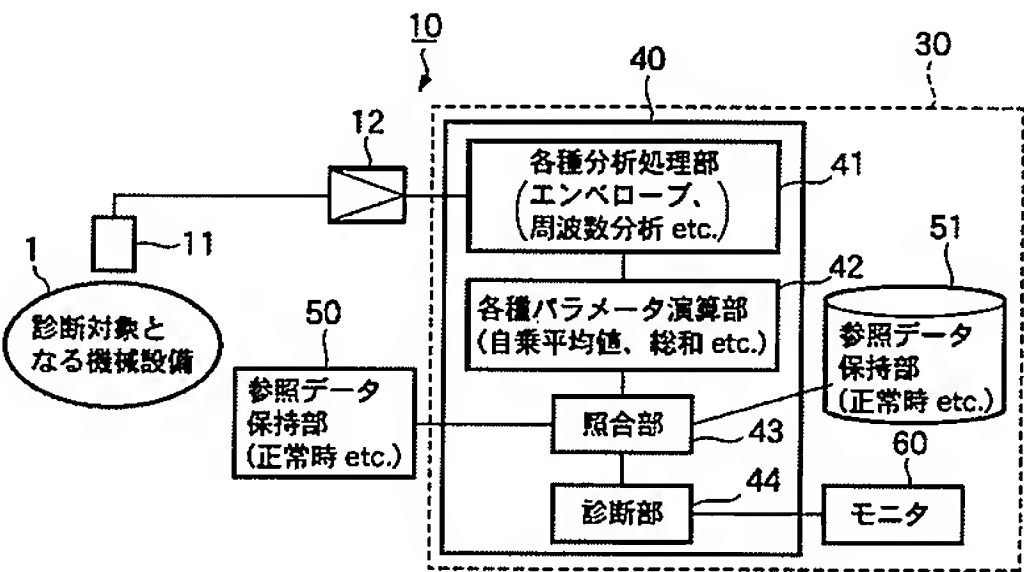
(54) 【発明の名称】 回転体の異常診断方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 誤診断を防止するとともに、より精度の高い異常診断を行うことが可能な異常診断装置を提供する。

【解決手段】 1 又は複数の摺動部材ふくむ機械設備の異常を診断する異常診断方法は、前記機械設備から発生する波動を検出するステップと、前記波動の周波数スペクトルを算出するステップと、前記周波数スペクトルの一つの次数成分帯域の自乗平均又はパーシャルオーバーオール、及び、前記周波数スペクトルの帯域全体の自乗平均又はオーバーオールである正規化値を算出する第 1 算出ステップと、前記一つの次数成分帯域の自乗平均又はパーシャルオーバーオールを前記正規化値で除した値又は差分の値を算出する第 2 算出ステップと、前記除した値又は差分の値と所定の定数との比較照合を行うステップと、前記比較照合の結果に基づき、前記機械設備の異常を診断するステップと、を有する。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

1 又は複数の摺動部材を含む機械設備の異常を診断する異常診断方法であって、  
前記機械設備から発生する波動を検出するステップと、  
前記波動の周波数スペクトルを算出するステップと、  
前記周波数スペクトルの一つの次数成分帯域の自乗平均又はパーシャルオーバーオール、及び、前記周波数スペクトルの帯域全体の自乗平均又はオーバーオールである正規化値を算出する第 1 算出ステップと、  
前記一つの次数成分帯域の自乗平均又はパーシャルオーバーオールを前記正規化値で除した値又は差分の値を算出する第 2 算出ステップと、  
前記除した値又は差分の値と所定の定数との比較照合を行うステップと、  
前記比較照合の結果に基づき、前記機械設備の異常を診断するステップと、を有することを特徴とする異常診断方法。

10

## 【請求項 2】

前記第 1 算出ステップは、前記周波数スペクトルの複数の次数成分帯域の自乗平均又はパーシャルオーバーオール、及び、前記周波数スペクトルの帯域全体の自乗平均又はオーバーオールである正規化値を算出し、  
前記第 2 算出ステップは、前記複数の次数成分帯域の自乗平均又はパーシャルオーバーオールを前記正規化値でそれぞれ除した値又は差分の値を算出し、  
前記比較照合ステップは、前記除した値又は差分の値と所定の定数との比較照合を行うことを特徴とする請求項 1 記載の異常診断方法。

20

## 【請求項 3】

前記複数の次数成分帯域は、所定の振動の基本周波数帯域から 5 次の周波数帯域の組み合わせであることを特徴とする請求項 2 記載の異常診断方法。

## 【請求項 4】

前記複数の次数成分帯域は、所定の振動の基本周波数帯域、2 次の周波数帯域、及び 3 次の周波数帯域からなる第 1 の組み合わせ、  
所定の振動の基本周波数帯域、2 次の周波数帯域、及び 4 次の周波数帯域からなる第 2 の組み合わせ、又は、

2 次の周波数帯域、4 次の周波数帯域、及び 6 次の周波数帯域からなる第 3 の組み合わせであることを特徴とする請求項 2 記載の異常診断方法。

30

## 【請求項 5】

前記正規化値は、基本周波数から  $n$  次の高調波までの周波数帯域全体の自乗平均又はオーバーオールであることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の異常診断方法。

## 【請求項 6】

前記波動は、前記機械設備から発生する音、振動又は A E であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の異常診断方法。

## 【請求項 7】

1 又は複数の摺動部材を含む機械設備の異常を診断する異常診断装置であって、  
前記機械設備から発生する波動を検出する波動検出手段と、  
前記波動の周波数スペクトルを算出する周波数解析手段と、  
前記周波数スペクトルの一つの次数成分帯域の自乗平均又はパーシャルオーバーオール、及び、前記周波数スペクトルの帯域全体の自乗平均又はオーバーオールである正規化値を算出し、前記一つの次数成分帯域の自乗平均又はパーシャルオーバーオールを前記正規化値で除した値又は差分の値を算出するパラメータ演算手段と、  
前記除した値又は差分の値と所定の定数との比較照合を行う比較照合手段と、  
前記比較照合の結果に基づき、前記機械設備の異常を診断する診断手段と、を有することを特徴とする異常診断装置。

40

## 【請求項 8】

前記パラメータ演算手段は、前記周波数スペクトルの複数の次数成分帯域の自乗平均又は

50



パーシャルオーバーオール、及び、前記周波数スペクトルの帯域全体の自乗平均又はオーバーオールである正規化値を算出し、前記複数の次数成分帯域の自乗平均又はパーシャルオーバーオールを前記正規化値でそれぞれ除した値又は差分の値を算出し、  
前記比較照合手段は、各除した値又は差分の値と所定の定数との比較照合を行うことを特徴とする請求項 7 記載の異常診断装置。

【請求項 9】

前記複数の次数成分帯域は、所定の振動の基本周波数帯域から 5 次の周波数帯域の組み合わせであることを特徴とする請求項 8 記載の異常診断装置。

【請求項 10】

前記複数の次数成分帯域は、所定の振動の基本周波数帯域、2 次の周波数帯域、及び 3 次の周波数帯域からなる第 1 の組み合わせ、  
所定の振動の基本周波数帯域、2 次の周波数帯域、及び 4 次の周波数帯域からなる第 2 の組み合わせ、又は、  
2 次の周波数帯域、4 次の周波数帯域、及び 6 次の周波数帯域からなる第 3 の組み合わせであることを特徴とする請求項 8 記載の異常診断装置。

【請求項 11】

前記正規化値は、基本周波数から  $n$  次の高調波までの周波数帯域全体の自乗平均又はオーバーオールであることを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の異常診断装置。

【請求項 12】

前記波動は、前記機械設備から発生する音、振動又は A E であることを特徴とする請求項 7 乃至 11 のいずれかに記載の異常診断装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、減速機や電動機ならびに鉄道車両用の車軸などに用いられる複数の回転部品の異常診断方法及び装置に関する。特に、機械装置を分解することなく、回転部品の欠陥を検出可能な方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

回転体の異常診断装置は、減速機、電動機、鉄道車両用の車軸等の回転体から発生する音、温度、振動等を解析し、回転体の異常を診断する装置である。異常診断においては、音、温度、振動等の波動情報をマイクロホン、温度センサ、振動センサ等の検出器で検出し、増幅器を用いて検出信号を増幅する。増幅された検出信号は、A/D 変換器によってデジタル信号に変換され、診断用ソフトウェアを備えた診断用 PC に出力される。診断用ソフトウェアは、診断用 PC 上で周波数分析、比較分析等の各種分析を行う。比較分析においては、得られた周波数スペクトルに対して、回転体に起因する周波数成分との比較照合を行う。ユーザは、モニタ上に表示された診断結果を基に、異常の有無を判断し、異常が発生した場合には、回転体を停止する等の対処を行う。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、回転状態や構造物の影響などもあって、回転体の実際の回転数が異常発生時にピークが発生するピーク発生周波数を計算するための回転数と異なる場合があり、誤診断が発生する可能性がある。また、周波数成分について、逐次整合性を確認していくためには、演算時間及び演算負荷が多大にかかるなどの問題もある。

【0004】

本発明は、上記課題を解決するために為されたものであり、誤診断の発生を防止し、且つ短時間で演算負荷の小さい異常診断を行う方法及び装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明の請求項 1 記載の異常診断方法は、1 又は複数の摺動部

10

20

30

40

50

材を含む機械設備の異常を診断する異常診断方法であって、  
前記機械設備から発生する波動を検出するステップと、  
前記波動の周波数スペクトルを算出するステップと、  
前記周波数スペクトルの一つの次数成分帯域の自乗平均又はパーシャルオーバーオール、及び、前記周波数スペクトルの帯域全体の自乗平均又はオーバーオールである正規化値を算出する第1算出ステップと、  
前記一つの次数成分帯域の自乗平均又はパーシャルオーバーオールを前記正規化値で除した値又は差分の値を算出する第2算出ステップと、  
前記除した値又は差分の値と所定の定数との比較照合を行うステップと、  
前記比較照合の結果に基づき、前記機械設備の異常を診断するステップと、を有すること 10  
を特徴とする。

#### 【0006】

また、本発明の請求項7記載の異常診断装置は、1又は複数の摺動部材を含む機械設備の異常を診断する異常診断装置であって、  
前記機械設備から発生する波動を検出する波動検出手段と、  
前記波動の周波数スペクトルを算出する周波数解析手段と、  
前記周波数スペクトルの一つの次数成分帯域の自乗平均又はパーシャルオーバーオール、及び、前記周波数スペクトルの帯域全体の自乗平均又はオーバーオールである正規化値を算出し、前記一つの次数成分帯域の自乗平均又はパーシャルオーバーオールを前記正規化値で除した値又は差分の値を算出するパラメータ演算手段と、 20  
前記除した値又は差分の値と所定の定数との比較照合を行う比較照合手段と、  
前記比較照合の結果に基づき、前記機械設備の異常を診断する診断手段と、を有すること  
を特徴とする。

#### 【0007】

上記によれば、1又は複数の摺動部材を含む機械設備に起因した周波数の帯域を用いるため、ノイズや回転体に起因しない周波数成分のピークの影響を無くすることができる。また、詳細に実測したデータの周波数と計算で求めた基本周波数およびその高調波との照合をしなくてよいので、計算負荷も軽減し、解析に要する時間のロスも少なくすることができる。さらに、回転体に起因する周波数成分のレベルが小さいときでも確実に異常を補足することができるため、より精度の高い診断が可能となる。また、一回の測定のみで機械設備を構成する回転体の各部品の異常の有無とその部位を特定することが可能となる。 30

#### 【0008】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を詳細に説明する。

#### 【0009】

図1は、本実施形態の異常診断装置10を示す図である。異常診断装置10は、診断対象となる機械設備1上又はその近傍に配置された検出部11と、検出部11の出力を増幅する増幅部12と、異常診断を行うPC部30とを有している。

#### 【0010】

機械設備1は、ころ軸受（内輪回転数： $169\text{min}^{-1}$ ）および正常な歯車（歯数：31）を有する機械設備である。ころ軸受は、軸に外嵌する内輪と、ハウジング等に内嵌し、径方向に内輪と対向する外輪と、内輪及び外輪間に転動可能に配置された転動体としてのころとを有している。ここでは、機械設備1に損傷が発生している場合、特に外輪3に損傷が発生している場合を例に説明する。 40

#### 【0011】

検出部11は、機械設備の振動を検出する振動センサ、ころ軸受の回転数を検出する回転センサ、機械設備の温度を検出する温度センサ、機械設備から発生する音やAE等を検出する音センサ、AEセンサ等の複数のセンサ等から構成されており、診断対象である機械設備1の近傍にそれぞれ又は一体に配置されている。

#### 【0012】

回転センサは、回転体に取り付けられたころ軸受の内輪の回転数を検出するものである。回転センサとしては、ころ軸受の内輪又は外輪に取り付けられた図示せぬ被検出体であるエンコーダ上の磁石配置を検出する磁気センサ、エンコーダの形状を検出する変位センサ等を用いることが可能である。

#### 【0013】

温度センサは、機械設備1近傍に配置され、機械設備1又はその近傍の温度を検出するセンサである。温度センサとしては、熱電対等の接触式温度センサや、赤外放射温度計等の非接触式温度センサを用いることが可能である。非接触式の温度センサの場合、内輪等の回転部材の温度検出が可能となる。

#### 【0014】

検出部11は、用途や機械設備の構成又は状況に応じて、これらのセンサすべてを有していてもよいし、その一部だけを有していてもよい。また、各種センサは、一つのセンサユニット内に納められ一体化していてもよいし、それぞれ別々に構成されていてもよい。各センサの取り付けに好ましい場所が異なっている場合もあり、それぞれが別ユニットであるほうが精度よい検出を行うことが可能な場合もある。

#### 【0015】

増幅部12は、OPアンプ等で構成されており、検出部11からの各種信号の強度をPC部30の処理に適したレベルに増幅する。各種信号は、増幅部12からPC部30に出力される。なお、検出部11が増幅機能を有している場合、又は増幅の必要がない信号は、敢えて増幅部12を経る必要はない。この場合、検出部11の出力は、直接PC部30に送られる。

#### 【0016】

PC部30は、所定のOS、及び分析・診断ソフトウェア40がインストールされたコンピュータである。PC部30は、OS上で機能する分析診断ソフトウェア40を用いて、各種信号処理を行い、機械設備の異常診断を行う。勿論、診断部14として、PCによるソフトウェア処理ではなく、専用の診断機器を用いてもよい。

#### 【0017】

PC部30は、受け取った信号をそれぞれA/D変換し、PC部内の診断ソフトウェア40を用いて診断を行う。なお、PC部30の前段に専用のA/D変換器を設け、PC部30に入力する前にA/D変換するようにしてもよい。

#### 【0018】

診断ソフトウェア40は、各種分析処理部41、各種パラメータ演算部42、照合部43、及び、診断部44を機能として有している。

#### 【0019】

図2は、各種分析処理部41を示す図である。各種分析処理部41は、第1周波数処理部41a、フィルタ部41b、エンベロープ処理部41c及び第2周波数処理部41dとを有しており、周波数解析に用いられる信号の周波数スペクトルを計算する処理を行う。

#### 【0020】

第1周波数処理部41aは、検出された振動信号、音信号、AE信号等をFFTアルゴリズム等を用いて周波数変換し、周波数スペクトルデータを生成する。ここでは、検出信号に含まれている異常ピーク周波数がどの周波数帯に含まれているかを調べるために行われる。

#### 【0021】

フィルタ部41bは、増幅部13から出力された振動信号から所望の周波数帯を抽出する周波数フィルタである。この所望の周波数帯は、第1周波数処理部41aで得られた周波数スペクトルを基に、異常ピーク周波数が含まれる周波数帯を切り出す処理を行う。フィルタ部41bは、フィルタ処理後の信号を、エンベロープ部41cに送出する。なお、このフィルタ部41bは、信号の特性によっては、適宜省略してもよい。

#### 【0022】

また、機械設備1の損傷に起因して検出される予想される異常ピーク周波数がわかってい

10

20

30

40

50



る場合には、この所望の周波数帯域を異常が発生すると予想される異常周波数ピークに応じて設定することも可能である。例えば、軸受に損傷が発生している場合には、内輪回転速度、転動体の数、保持器の回転速度、転動体の自転速度、転動体の大きさ、ピッチ円直径、接触角等に応じて、破損個所に応じて固有の周波数成分が観測される。従って、回転センサから得られる回転速度を基に、これらの異常周波数成分の発生領域を予測し、その発生予想範囲について周波数の切り出しを行ってもよい。

#### 【0023】

エンベロープ部41cは、フィルタ部41bから送出された信号にエンベロープ処理を施す。エンベロープ処理は、入力振動波形の包絡線に比例した出力を得るものである。エンベロープ部41cは、エンベロープ処理後の信号を第2周波数解析部41dに出力する。なお、このエンベロープ部41cは、信号の特性によっては、適宜省略することが可能である。

10

#### 【0024】

第2周波数解析部41dは、エンベロープ部41cから出力された信号をFFTアルゴリズム等を用いて周波数変換し、周波数スペクトルデータを生成する。図3及び図4は、第2周波数解析部41dにより生成された周波数スペクトルデータを表すグラフである。外輪に異常が発生している場合、図3に示されるように、外輪の損傷に起因する周期的なスペクトルピークが信号成分に含まれていることがわかる。一方、異常が発生していない場合、図4に示されるように、どの周波数帯にも特別なピークは見受けられない。生成された周波数スペクトルデータは、各種パラメータ演算部42に出力される。

20

#### 【0025】

各種パラメータ演算部42は、第2周波数解析部で得られた周波数スペクトルの一つの次数成分帯域の自乗平均 ( $V_i$ ) 又はパーシャルオーバーオール ( $S_i$ )、及び、周波数スペクトルの帯域全体の自乗平均 ( $V_{RMS}$ ) 又はオーバーオール ( $S_{OA}$ ) である正規化値を算出し、前述の一つの次数成分帯域の自乗平均 ( $V_i$ ) 又はパーシャルオーバーオール ( $S_i$ ) を前記正規化値 ( $V_{RMS}$  又は  $S_{OA}$ ) で除した値又は差分の値を算出する処理を行う。算出された除した値又は差分の値は、照合部43に送られる。

#### 【0026】

ここで、自乗平均 ( $V_i$ )、パーシャルオーバーオール ( $S_i$ )、自乗平均 ( $V_{RMS}$ ) 及びオーバーオール ( $S_{OA}$ ) は以下の式で与えられる。

30

#### 【0027】

#### 【数1】



$$V_i = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (P_k - \bar{P}_m)^2 \quad \dots (1)$$

$$S_i = \sum_{k=1}^m P_k \quad \dots (2)$$

$$V_{\text{RMS}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2 \quad \dots (3)$$

$$S_{\text{OA}} = \sum_{i=1}^N P_i \quad \dots (4)$$

10

ただし、

$$N \cdot \Delta f \leq \frac{f_s}{2} \quad \dots (5)$$

20

$m$  : 切り出される周波数帯域幅 (データ点数)

$\bar{P}_m$  : 区間  $m$  におけるスペクトルの平均値

$P_i$  : 周波数  $i$  におけるスペクトルの値

$\bar{P}$  : 区間  $N$  におけるスペクトルの平均値

$f_s$  : サンプル周波数

$\Delta f$  : 隣り合う周波数の幅 (周波数分解能)

30

#### 【0028】

照合部 43 は、各種パラメータ演算部 42 から送出された除した値又は差分の値を保存されている参照データと比較照合し、パラメータ演算部 42 から送出された値が、正常な範囲であるかどうかを判断する。そして、照合部 43 は、判断結果を診断部 44 に出力する。参照データは、PC 部 30 内部に設けられたハードディスク等の記録媒体からなる参照データ保持部 51、又は PC 部 30 の外部に設けられた参照データ保持部 50 に保存されている。外部に設けられた参照データ保持部 50 は、インターネットや LAN 等からなるネットワークを介して PC 部 30 に接続されていてもよい。照合部 43 に保存された参照データは、所定の定数であってもよく、また異常が発生していない場合に測定された正常値を基に算出された値であってもよい。

40

#### 【0029】

診断部 44 は、照合部 44 の判断結果を受け取り、判断結果に応じて異常が発生しているかどうかを判断する。診断部 44 は、異常が発生していると判断した場合、PC 部 30 に接続されたモニタ 60 に異常が発生している旨を通知したり、警告音を発して異常をユーザに通知したりする。

#### 【0030】

以下、図 3 及び図 4 のデータに関し、上記手法を適用してみる。図 3 の左端近傍 (10 ~ 20 Hz あたり) には、異常ピーク周波数帯が存在する。このスペクトル全体の自乗平均値  $V_a$  は、0.016 である。一方、図 4 の対応するスペクトル全体の自乗平均値  $V_n$  は、0.008 である。ここで、外輪傷に起因する異常周波数帯 (基本周波数) に対して抽

50

出する周波数帯域幅を  $2\text{ Hz}$  とすると、その帯域における自乗平均値を  $V$  で正規化した値は、図 3 の場合  $90.78$  であり、図 4 の場合  $38.47$  となる。異常を有する場合は、正常時に比べて約  $2.4$  倍正規化した値が大きいことがわかる。従って、 $90.78$  と  $38.47$  の間又は正常時と異常時の比に所定のしきい値を設け、しきい値より大きい場合には、外輪に異常が発生していると判断することができる。

#### 【0031】

なお、ころ軸受の内輪きずに起因する周波数成分帯域に関して算出すると、異常時の正規化された値は、正常時の約  $0.3$  倍である。また、ころ軸受の転動体や保持器等、及び歯車に起因する周波数成分帯域に関して算出すると、正常値に比べて同等若しくはそれよりも小さくなっている。このことから、各部品の異常の有無と部位（この例では外輪）が特定できることが確認できる。また、ここでは自乗平均を用いて比較を行ったが、オーバーオールを用いて同様の比較を行うことにより、各部品の異常の有無と部位を特定することができる。

10

#### 【0032】

また、上記説明では、一つの周波数成分帯域を用いて異常診断を行ったが、これに限らず、複数の周波数成分帯域を用いて異常診断を行うことも可能である。具体的には、周波数スペクトルの複数の次数成分帯域の自乗平均又はパーシャルオーバーオール、及び、周波数スペクトルの帯域全体の自乗平均又はオーバーオールである正規化値を算出し、複数の次数成分帯域の自乗平均又はパーシャルオーバーオールを正規化値でそれぞれ除した値又は差分の値を算出し、除した値又は差分の値と所定の定数との比較照合を行うことにより達成される。

20

#### 【0033】

図 5 及び図 6 は、複数の帯域を用いる場合の例を示す。図 5 は、外輪に損傷を有するころ軸受及び正常な歯車（歯数； $31$ ）を有する機械設備のエンベロープ周波数スペクトルを示すグラフである。この図では、5つの周波数ピークが観測されており、基本周波数から、その整数倍毎に第1次高調波から第4次高調波までが観測されている。一方、図 6 は、図 5 に対応する観測データであり、特異周波数は見あたらない。

#### 【0034】

以下、図 5 及び図 6 のデータに関し、上記手法を適用してみる。外輪きずに起因する基本周波数およびその5次までの高調波の各帯域における自乗平均値の和をスペクトル全体の自乗平均値で正規化した値は、図 5 の場合は  $11.64$  であり、図 6 の場合は  $5.19$  となる。ここで、5次の高長波とは、基本周波数から数えて5番目のピークを意味する。異常を有する場合は、正常時に比べて約  $2.2$  倍正規化した値が大きいことがわかる。従って、 $11.64$  と  $5.19$  の間又は正常時と異常時の比に所定のしきい値を設け、しきい値より大きい場合には、外輪に異常が発生していると判断することができる。

30

#### 【0035】

同様に、ころ軸受の内輪、転動体、保持器等および歯車に起因する周波数成分帯域に関して算出すると、正常値に比べて同等若しくは小さくなっているため、各部品（この例では、軸受）の異常の有無と部位（この例では、外輪）が特定できる。本実施例により、複数の次数成分帯域を対象とした場合においても有効であることがわかる。ここでは、複数の次数成分帯域は、所定の振動の基本周波数帯域から5次の周波数帯域の組み合わせであることが好ましい。

40

#### 【0036】

また、複数の次数成分帯域は、所定の振動の基本周波数帯域、2次の周波数帯域、及び3次の周波数帯域からなる第1の組み合わせ、所定の振動の基本周波数帯域、2次の周波数帯域、及び4次の周波数帯域からなる第2の組み合わせ、又は、2次の周波数帯域、4次の周波数帯域、及び6次の周波数帯域からなる第3の組み合わせであってもよい。また、正規化値は、基本周波数から  $n$  次の高調波までの周波数帯域全体の自乗平均又はオーバーオールであってもよい。

#### 【0037】

50

また、単一の周波数帯を用いる場合でも複数の周波数帯を用いる場合であっても、正常値と比較するのではなく、基準値を設定し、基準値と比較することでも異常の有無を判別することが可能となる。例えば、本実施例においては、自乗平均値1.0を基準値として設定しておけば、この値を超えているときに異常があると判定することができる。基準値を設定する場合には、任意に設定してもよいし、予め固定しておいてもよい。

#### 【0038】

図7は、図5と図6のスペクトルデータを用いて、周波数スペクトルにおける外輪きずに起因する成分帯域のみの自乗平均値を周波数全体の自乗平均で正規化した値と周波数帯域幅の関係を示す。実線は、基本周波数のみで比較算出した場合で、波線は基本周波数から5次の高調波までの各帯域を用いて比較算出した場合である。図より、周波数帯域幅を大きくしても正常の場合に比べ異常値の値の比がはっきりと区別されていることがわかる。従って、基本周波数を算出するときに用いる回転数が実際の回転数と多少異なっていたとしても、周波数帯域幅を広く取ることで、異常診断を正確に行うことが可能である。

10

#### 【0039】

以上、本実施形態によれば、自乗平均値又はオーバーオールを算出して各種計算を行い、所定のしきい値（基準値）と比較を行うことで、異常診断を行い、良好な異常診断を行うことが可能である。また、本実施形態では、データ数の限定を行っているため、ノイズや回転体に起因しない周波数成分のピークの影響を無くすることができ、計算負荷も軽減し、解析に要する時間のロスも少なくすることが可能である。

20

#### 【0040】

なお、本実施形態では、モニタ60上に、現在の回転数又は回転数の時間変化を表すグラフを表示させるようにしてもよい。これにより、ユーザは、回転数の異常を確認し、機械設備1に異常が発生していると判断することも可能となる。

#### 【0041】

なお、PC部30は、モニタ60に異常を表示すると共に、機械設備1を有する機械装置を緊急停止するよう構成してもよい。この場合、ユーザが機械装置近傍にいない場合であっても、これ以上の機械装置の破損を未然に防ぐことが可能である。

#### 【0042】

なお、上記実施形態では、回転体として転がり軸受を例に説明したが、本発明はこれに限られず、回転体を有する各種機械装置に適用することが可能である。例として、ボールねじ、リニアガイド、各種モータ等に適用することが可能である。

30

#### 【0043】

#### 【発明の効果】

以上、本発明によれば、1又は複数の摺動部材を含む機械設備に起因した周波数の帯域を用いるため、ノイズや回転体に起因しない周波数成分のピークの影響を無くすることができ、且つ、詳細に実測したデータの周波数と計算で求めた基本周波数およびその高調波との照合をしなくてよいので、計算負荷も軽減し、解析に要する時間のロスも少なくすることができる。さらに、回転体に起因する周波数成分のレベルが小さいときでも確実に異常を補足することができるため、より精度の高い診断が可能となる。また、一回の測定のみで機械設備を構成する回転体の各部品の異常の有無とその部位を特定することが可能となる。

40

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態の異常診断装置を示す図である。

【図2】各種分析処理部での処理を示す図である

【図3】異常を有するころ軸受のエンベロープ周波数スペクトルを示すグラフである。

【図4】正常なころ軸受のエンベロープ周波数スペクトルを示すグラフである。

【図5】異常を有するころ軸受のエンベロープ周波数スペクトルを示すグラフである。

【図6】正常なころ軸受のエンベロープ周波数スペクトルを示すグラフである。

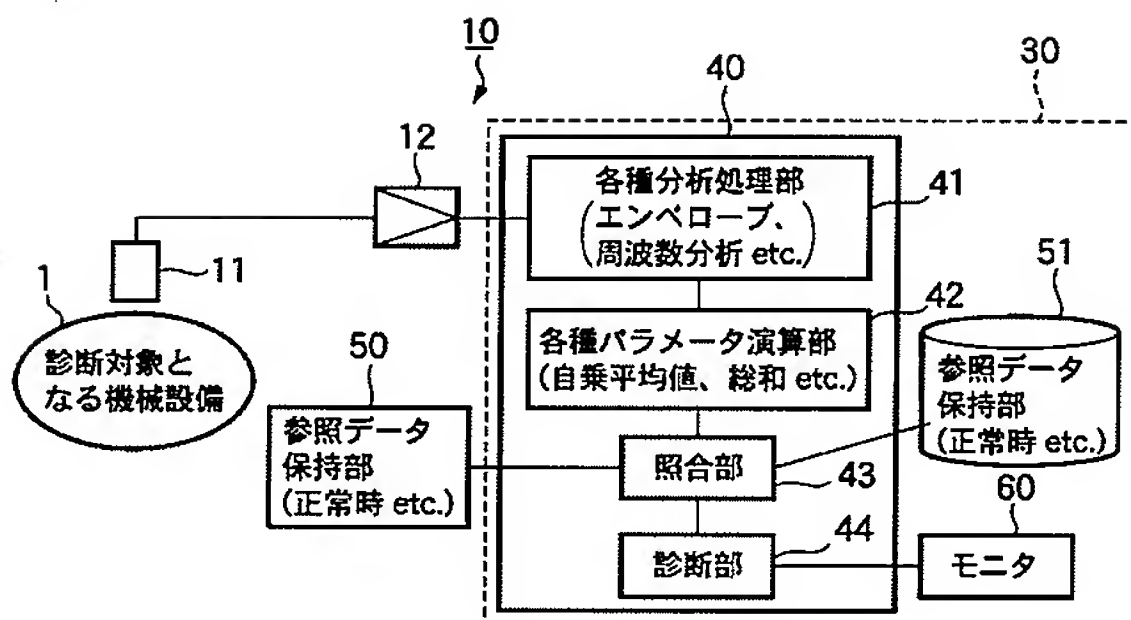
【図7】周波数スペクトルにおける外輪きずに起因する成分帯域のみの自乗平均値を周波数全体の自乗平均で正規化した値と周波数帯域幅の関係を示すグラフである。

50

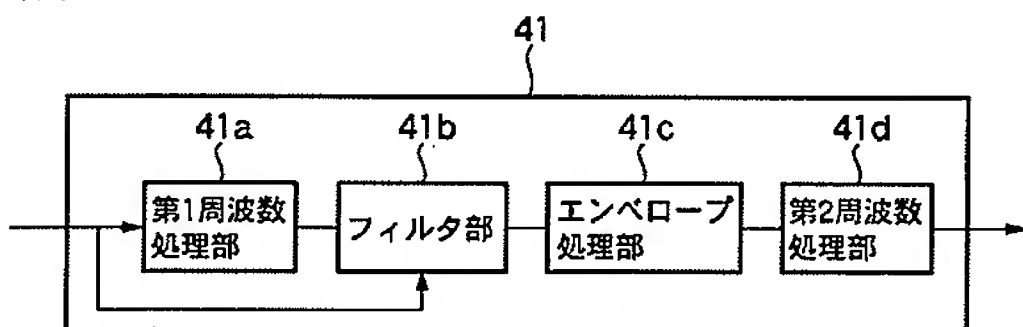
## 【符号の説明】

- 1 機械設備  
 10 異常診断装置  
 11 検出部  
 12 増幅部  
 30 PC部  
 40 診断プログラム  
 50, 51 参照データ保持部  
 60 モニタ

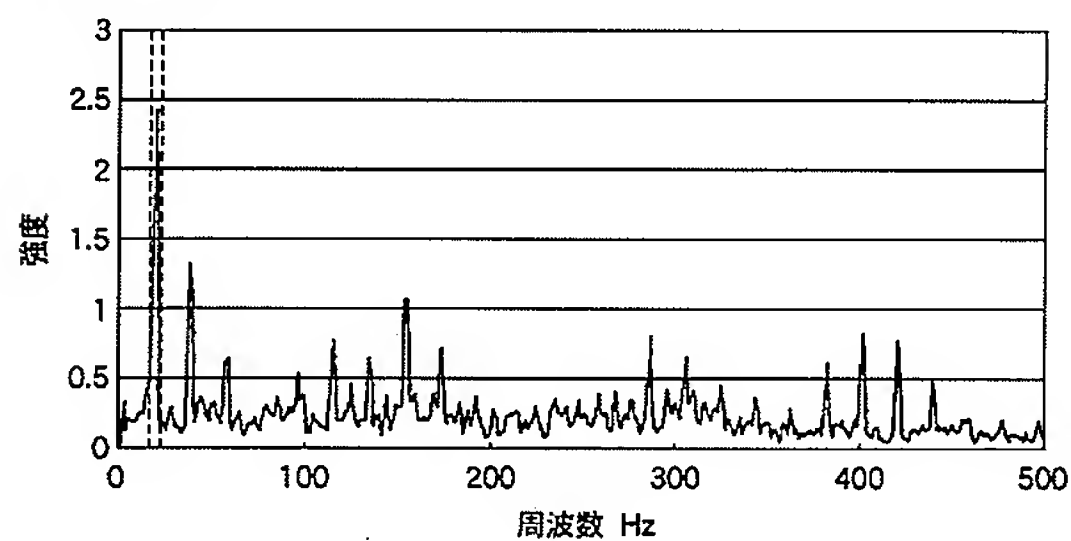
【図1】



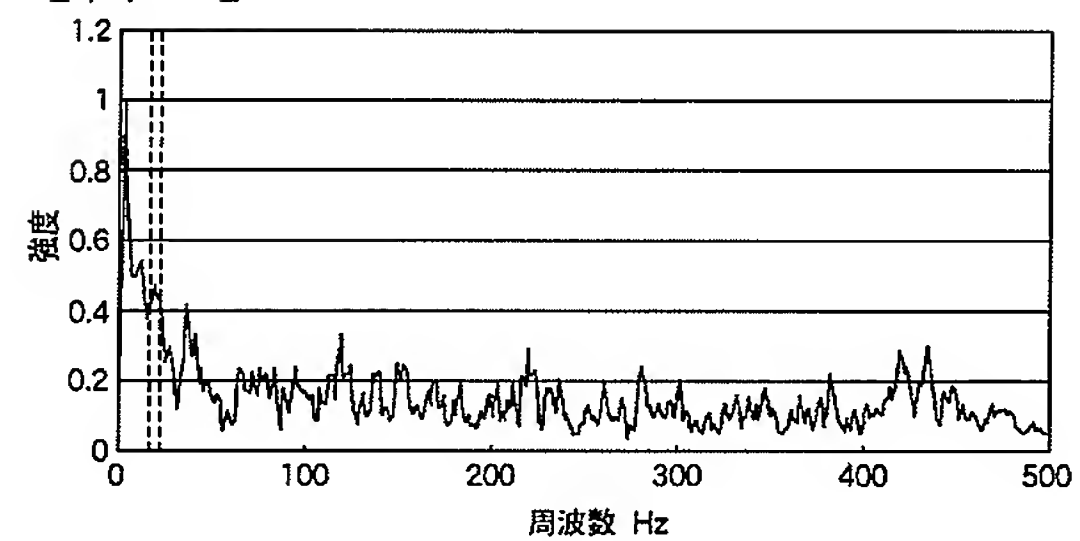
【図2】



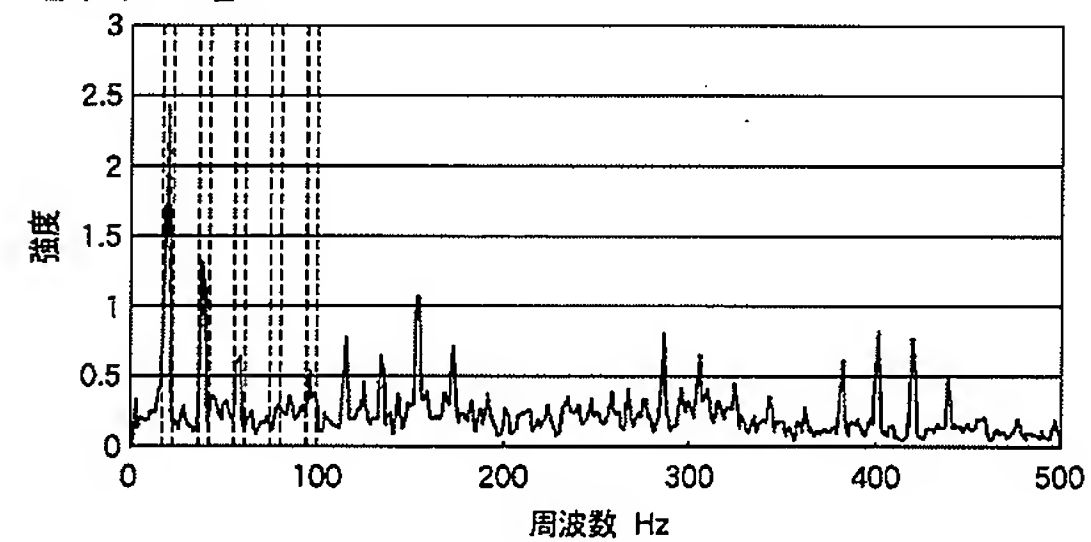
【図3】



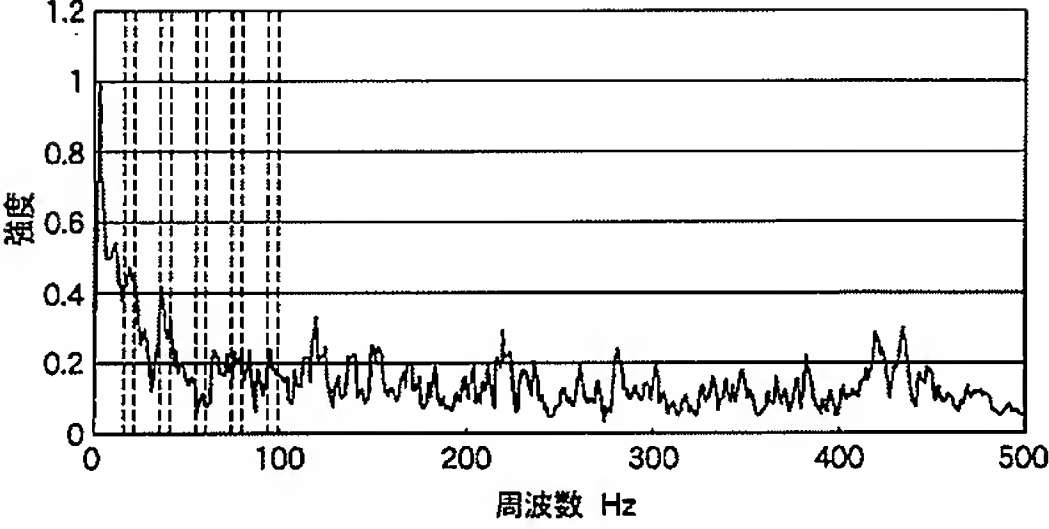
【図4】



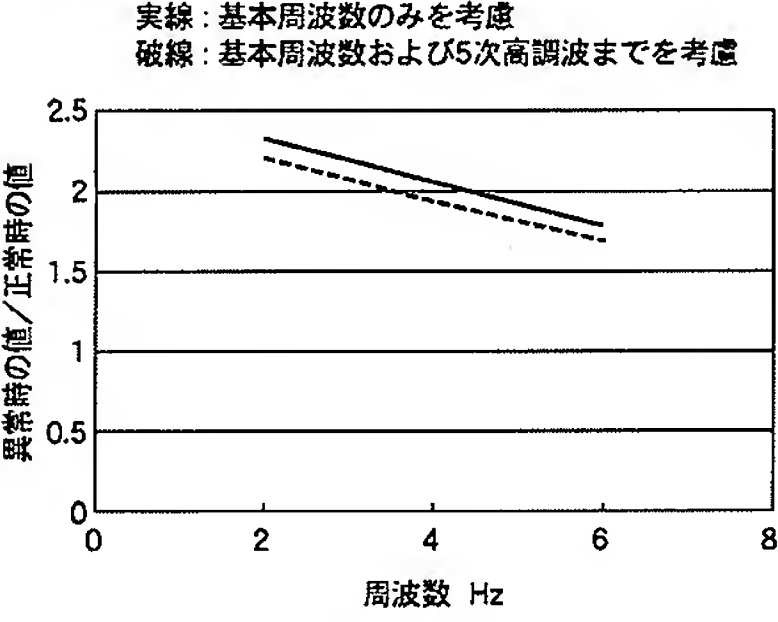
【図5】



【図 6】



【図 7】





---

フロントページの続き

(72)発明者 宮坂 孝範

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

(72)発明者 武藤 泰之

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

Fターム(参考) 2G024 AD01 AD22 BA15 CA13 DA09 EA01 EA06 FA04 FA06 FA13